

# 信頼性を考慮したジオキャスト手法の提案

## A proposal of a reliable geocast protocol

† 山崎 浩輔  
Kosuke YAMAZAKI

‡ 瀬崎 薫  
Kaoru SEZAKI

† 東京大学 大学院 情報理工学系研究科  
Graduate School of Information Science and  
Technology, University of Tokyo

‡ 東京大学空間情報科学研究センター  
Center for Spatial Information Science,  
University of Tokyo

### 1 はじめに

ジオキャストとは、物理的な位置情報を用いてマルチキャストを行なう技術であり、送信者がメッセージを送信した時間に指定された箇所に存在する端末にのみ、メッセージを配信する技術として現在注目を集めている。

現在ジオキャストに関する研究の多くはメッセージを配信する手法であり、そのための手法として、インターネット上のルータに新たに機能を付加する GEO[1] や、モバイルアドホックネットワーク（以下、MANET）において特定のエリアに存在する端末にのみメッセージを配信する GeoTORA[2] 等が提案されている。しかしながら、実際に端末がメッセージを受信したか否かを確認する、いわゆる「信頼性」に関する議論はほとんどされていないのが現状である。そこで本稿では、この信頼性に焦点をあて、新たに「信頼性を考慮したジオキャスト手法」を提案する。

### 2 ネットワーク構成

まず本稿でターゲットとするネットワークの概観を図 1 に示す。

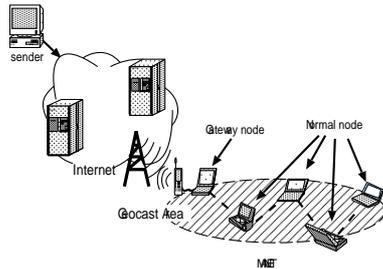


図 1: ネットワーク概観

図 1 中インターネットと MANET の双方に位置し、ゲートウェイの役割を担うノードをゲートウェイノードと呼び、その他の MANET 内のみ位置する各ノードをノーマルノードと呼ぶ。また図では MANET を含んだエリアがジオキャストエリアとして目的地に指定されている。送信者からジオキャストエリア宛に送信されたメッセージは中継され指定のエリアに到達する。各ノードは自身の位置をポジショニングデバイスによって知っているものとし、自身が指定されたエリア内にいる場合のみパケットを処理する。

### 2 信頼性を考慮したジオキャスト手法

本稿では、図 1 に示されるような環境において送信者がジオキャストエリア内の端末に対してメッセージを送信し、かつジオキャスト内の端末がそれらに対して応答（ACK）を返信する。これにより、上述のメッセージ配信に対する信頼性を確保することを考える。

確実に確認するためにはそれぞれの端末が ACK をブロードキャストによって送信し、また受信した端末群も ACK を全てブロードキャストによって中継する（フラッディング）ことが最善の手法であるが、その場合、ACK 数が増加し、帯域

などの制限が厳しい MANET には適さない。そこで各端末が ACK を中継すべき端末を位置情報を用いて唯一指定し ACK を送信する（ホップバイホップベース）ことを考える。受信端末は ACK によって指定されている場合は中継し、そうでない場合には ACK を破棄する。ここで送信者が中継すべき端末を選択する手法としては楕円体を利用した手法 [3] を用いる。

ACK を送信する手法としてフラッディングではなくホップバイホップにすることにより、ACK 数を大きく削減できることが期待できる。しかし、MANET 内に多数の端末が存在した場合、ある特定の端末が中継端末として複数回用いられ得るため、その端末に非常に負荷が集中してしまう場合が生じ得る（図 2-(a)）。そのため、以下の手法によってさらに端末の負荷を削減する。

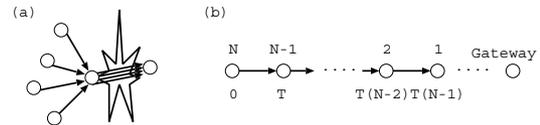


図 2: ACK の統合

図 2-(b) において端末 1 の先にゲートウェイノードが存在するものとする。また端末 1 に対して  $N$  ホップ先からリンクが続いているものとする。ACK を中継する際、より多くの端末からの ACK を統合することにより、その効果は飛躍的に増大する。つまり自身までに多くのリンクが存在するノードがより多くの待ち時間を設定することにより、より多くの ACK を統合することが可能となる。図 2 の場合、端末  $N$  は自身へのリンクが全く存在しないため、ACK の統合を行なうことができない上に、意味のない待ち時間を設けるために遅延の原因になってしまう。一方、端末  $N-1$  は自身へのリンク  $N-(N-1)$  が存在するため、端末内での処理時間などを考慮した単位時間  $T_{unit}$  待つことにより、ACK を一つ統合可能となる。以降、端末へのリンク数が増加するに従ってより多くの ACK を統合することが可能となり、さらに効果を期待することが可能となる。

しかし、各端末が移動するというトポロジの変化が頻繁であるネットワークでは、自身へのリンクのホップ数  $N$  をそれぞれの端末が知ることは容易ではない。そこで以下のように各端末  $N$  を推測する。

図 3 において、ノード  $G$  をゲートウェイノード、ノード  $N$  をノーマルノードとする。またジオキャストエリアが直方体で指定されているとする。ゲートウェイノードとノーマルノードとの距離を  $D(G-N)$ 、ゲートウェイノードとノーマルノードを結んだ直線がジオキャストエリアと交わる点を  $A$  とし、点  $A$  とノーマルノードの距離を  $D(N-A)$  とする。点  $A$  の位置はゲートウェイノードの位置と自身の位置から計算可能であり、よって距離  $D(N-A)$  も計算可能である。この距離の間に存在するノードからゲートウェイノードへの ACK はノード  $N$  を通過する可能性があり、この距離が長いノードほど多数の ACK を中継する確率が高い。つまり前述の  $N$  が大きな値を持つ可能性が高い。よって距離  $D(N-A)$  を適切な値で

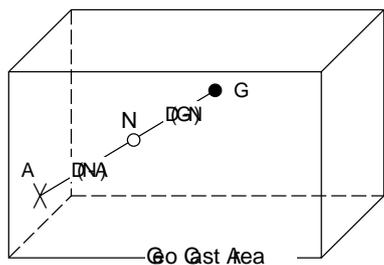


図 3: ダウンリンク数の推定

割ることにより、擬似的なホップ数とすることができる。ここでは、各端末が自分の隣接端末の通信半径の平均  $CR_{ave}$  を算出し、その値によって  $D(N - A)$  を割ることにより、擬似的なホップ数とする。よって、各端末における待ち時間  $T_{wait}$  は式 1 により算出される。

$$T_{wait} = 2 * T_{unit} * \frac{D(N - A)}{CR_{ave}} \quad (1)$$

待ち時間  $T_{wait}$  内に受信した ACK に関しては、その送信元の端末の ID を記録しておき、自身の ACK を送信する際に ACK に記載する。待ち時間を過ぎてから受信した ACK に関しては即座に中継を行なう。これらにより同一リンク上を送信される ACK の数をさらに削減することが可能となり、帯域の浪費の防止を期待できる。

#### 4 性能評価

提案手法における信頼性及び効率性に関してシミュレーションを行なった。比較する手法は (1) フラディングによって ACK を送信する手法 (2) ホップバイホップによって ACK を送信する手法 (3) ホップバイホップで ACK を送信し、かつ中継端末において待ち時間を設け ACK を統合する手法の三手法である。シミュレーション条件を次に示す。

三次元仮想空間 (ジオキャストエリア) は  $50m \times 50m \times 20m$  であり、ノードをランダムに配置する。各ノードの通信半径は 10m, 15m, 20m, 25m, 30, の五種類のいずれかであり、それぞれのノード数は常に全体のノード数の 20% ずつである。また、ゲートウェイノードの数は今回、全体のノード数の 10% と固定した。空間内のノーマルノードは自身に最も近いゲートウェイノードに対して ACK を送信する。

まず信頼性に関する結果を図 4 に示す。

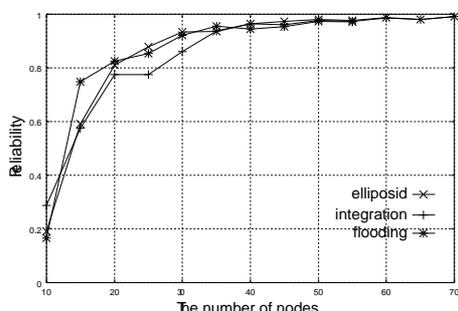


図 4: 信頼性に関する評価

ここでは、信頼性の指標としてネットワークに存在する全

てのノーマルノードの内、ACK を収集できたものの割合を用いた。図 4 よりホップバイホップを用いて ACK を収集した場合にもフラディングを用いた場合に遜色のない割合で ACK を収集可能であり、十分な信頼性を得たと言える。次に効率性に関する結果図 5 に示す。

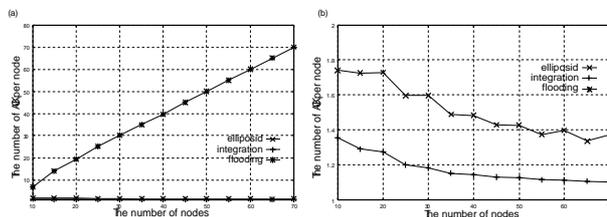


図 5: 効率性に関する評価

ここでは、効率性の指標として、各ノーマルノードが ACK を中継した回数を用いた。ACK をより多く中継するということはネットワーク内に冗長な ACK が発生したことを示し、より少ない中継回数である手法がより効率的手法であると言える。

図中 (a) は主にフラディングとホップバイホップの効率性の比較であり、(b) は ACK を統合するか否かの比較である。(a) よりフラディングに比べてホップバイホップを用いると大幅に ACK 数を削減できたことが分かる。図 4 を考慮するとホップバイホップを用いることによって信頼性を落さずに、効率的な ACK の収集を実現できたと言える。また (b) より、ACK の統合を行なうことにより、純粋にホップバイホップを行なった場合に比べて ACK の中継回数を削減できたことが確認できた。

#### 5 まとめと今後の課題

本稿ではジオキャストに新たに信頼性という概念を導入した。またホップバイホップ手法にさらに ACK を統合する機能を付加し、信頼性と効率性の両面から有効である手法を提案した。

今後の課題としては、待ち時間の設定の際に用いた  $N$  を決定する際のアルゴリズムをさらに改善することが考えられる。今回は  $N$  を決定するために  $D(N - A)$  を隣接端末の平均通信半径で割るといった単純なものを用いたが、他にも各ノードの通信半径  $R$  や移動速度  $V$  を考慮することにより、さらに現実に向けた待ち時間の設定が可能となる。

また今回はシミュレーションにおいてゲートウェイノードの数を全体のノード数の 10% と固定したが、さらにゲートウェイノードが減少した場合のパフォーマンスも調査する必要がある。

#### 参考文献

- [1] Tomaz Imielinski and Julio C. Navas  
"Geographic Addressing, Routing, and Resource Discovery with the Global Positioning System" RFC2009 1996
- [2] Yong-Bae Ko and Nitin Vaidya  
"GeoTORA: A Protocol for Geocasting in Mobile Ad Hoc Networks International Conference on Network Protocols, 2000
- [3] Kosuke Yamazaki and Kaoru Sezaki  
"The proposal of the seamless location aware services and geographical routing protocols" APSITT2001